

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-189852

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 2 M 51/06	G			
	A			
	S			
	U			
B 2 3 K 26/00	3 1 0 B			

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-335375

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 松本 修

姫路市千代田町840番地 三菱電機株式会社姫路製作所内

(72) 発明者 西谷 昌一郎

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社生産技術研究所内

(72) 発明者 森安 雅治

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 高田 守

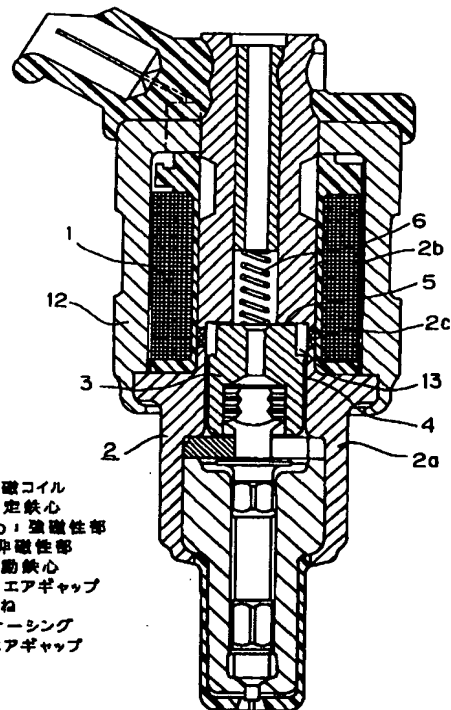
(54) 【発明の名称】 電磁アクチュエータおよびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 小型・軽量化と低コスト化を実現する電磁アクチュエータの構造およびその製造方法を提供する。

【構成】 磁気ヨークとして機能するケーシング12と、このケーシングの内側に配置された電磁コイル1と、非磁性部2cを挟んで両側に強磁性部2a、2bを有する固定鉄心2と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心3とで構成した電磁アクチュエータにおいて、強磁性体で構成される前記可動鉄心3の一部、すなわち前記固定鉄心2の非磁性部2cと対向する部分をエアギャップ13とした。

【効果】 部品点数の削減、構造の簡略化が図れるので、小型・軽量化・低コスト化が実現できる。



1: 電磁コイル  
2: 固定鉄心  
2a, 2b: 強磁性部  
2c: 非磁性部  
3: 可動鉄心  
4, 5: エアギャップ  
6: バネ  
12: ケーシング  
13: エアギャップ

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成した電磁アクチュエータにおいて、強磁性体で構成される前記可動鉄心の一部、すなわち前記固定鉄心の非磁性部と対向する部分を非磁性としたことを特徴とする電磁アクチュエータ。

【請求項 2】 可動鉄心の一部に設けられた非磁性部は、切削加工などによる空洞、すなわちエアギャップとなっていることを特徴とする請求項 1 の電磁アクチュエータ。

【請求項 3】 請求項 2 の可動鉄心を有する電磁アクチュエータにおいて、この可動鉄心に設けた空間部分に固定鉄心に固定される非磁性部材を有することを特徴とする電磁アクチュエータ。

【請求項 4】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成される電磁アクチュエータにおいて、前記可動鉄心と対向する部分に局所的な空間を設けた固定鉄心を有することを特徴とする電磁アクチュエータ。

【請求項 5】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成される電磁アクチュエータの、前記固定鉄心の非磁性部を熔融改質により形成する電磁アクチュエータの製造方法において、対向する 2 箇所を加熱熔融しかつ一つの加熱箇所のみにオーステナイト生成元素を供給することを特徴とする電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項 6】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成される電磁アクチュエータの、前記固定鉄心の非磁性部を熔融改質により形成する電磁アクチュエータの製造方法において、

前記非磁性形成部の相当幅の板厚をこの非磁性形成部と接する前記強磁性部の板厚の 10～70% に加工して強磁性部材を熔融改質することを特徴とする電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項 7】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成される電磁アクチュエータの、前記固定鉄心の非磁性部を熔融

改質により形成する電磁アクチュエータの製造方法において、

リボン状またはワイヤ状のオーステナイト生成元素またはそれを含む合金を巻き付け、スポット溶接などにより前記の巻き付けた合金を強磁性部材に固定した後、溶融合金化して前記非磁性部を形成することを特徴とする電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項 8】 リボン状またはワイヤ状のオーステナイト生成元素またはそれを含む合金を巻き付け、スポット溶接などにより前記の巻き付けた合金を固定鉄心に固定した後、溶融合金化して固定鉄心の非磁性部を形成する電磁アクチュエータの製造方法において、

前記リボン状またはワイヤ状のオーステナイト生成元素またはその合金が、その両端をテーパー状にしたことを特徴とする請求項 7 の電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項 9】 ワイヤ状のオーステナイト生成元素またはそれを含む合金を巻き付け、スポット溶接などにより前記の巻き付けた合金を固定鉄心に固定した後、溶融合金化して固定鉄心の非磁性部を形成する電磁アクチュエータの製造方法において、

オーステナイト生成元素またはそれを含む合金の総添加量に対応する体積を改質長さで割った値の  $1/2$  以下の断面積である前記ワイヤまたは帯で、その巻き数を 2 回以上にすることを特徴とする請求項 7 の電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項 10】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成される電磁アクチュエータの製造方法において、

前記強磁性部を構成する強磁性部材の中間部にこの強磁性部材とは異なる部材を挟み、この中間部材の全てまたは一部分を熔融し、かつ前記中間部材を挟む両側の強磁性部材を部分的に熔融し、これらの熔融部が連続的であることを特徴とする電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項 11】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成される電磁アクチュエータの、前記非磁性部が強磁性部の一部を熔融改質することにより形成される電磁アクチュエータの製造方法において、

オーステナイト生成元素とクロムを熔融添加し、非磁性の熔融改質部を体積率で 10% 以下のフェライト相を含むオーステナイト相にすることを特徴とする電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項 12】 オーステナイト生成元素またはそれを含む合金のワイヤの表面にクロムまたはその合金の膜を形成したフィラーを熔融添加することにより、非磁性部が強磁性部の一部を熔融改質することにより体積率で 1

0%以下のフェライト相を含むオーステナイト相を形成することを特徴とする請求項11の電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項13】 クロムまたはそれを含む合金の膜を形成した強磁性部材に局部的にオーステナイト生成元素を溶融添加することにより、非磁性部が体積率で10%以下のフェライト相を含むオーステナイト相になることを特徴とする請求項11の電磁アクチュエータの製造方法。

【請求項14】 磁気ヨークとして機能するケーシングと、このケーシングの内側に配置された電磁コイルと、非磁性部を挟んで両側に強磁性部を有する固定鉄心と、この固定鉄心に吸引駆動される可動鉄心とで構成される電磁アクチュエータの、鉄-クロム系合金、またはフェライト系ステンレス鋼、またはマルテンサイト系ステンレス鋼よりなる強磁性部材と、鉄-ニッケル系合金よりなる強磁性部材とを両者の希釈率を調整しながら突き合わせ溶接し、非磁性のオーステナイト相となる組成の溶接金属部を得るものである電磁アクチュエータの製造方法において、溶接金属形成部の相当幅以上のはめ合い部を有する強磁性部材を溶接することを特徴とする電磁アクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は電磁アクチュエータ、特に磁気回路を構成する固定鉄心および可動鉄心の構造およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図17は例えば特公昭58-54263号公報に示されている電磁アクチュエータを応用した電子制御式燃料噴射装置の断面図である。電子制御式燃料噴射装置の電磁アクチュエータは、磁束を発生させる電磁コイル1と、電磁コイル1で発生する磁束を通す固定鉄心2と、この固定鉄心2に対向しギャップを開けて同軸的に配置されかつ往復運動可能な状態に支持された可動鉄心3とで構成されている。固定鉄心2は、可動鉄心3に磁束が流れる磁気回路を形成するために強磁性部が二つに分割され、この強磁性部2a、2bの中間部に非磁性部2cを有する構造になっている。

【0003】 次に動作について説明する。非磁性部2cは、電磁コイル1で発生された磁束が固定鉄心2aから直接固定鉄心2bに流れずに、固定鉄心2a→エアギャップ4→可動鉄心3→エアギャップ5→固定鉄心2bと流れる磁気回路を形成するための磁気抵抗として作用するものである。すなわち、電磁コイル1に電流を流すことにより、可動鉄心3と固定鉄心2bとの間に軸方向の吸引力が働き、可動鉄心3は固定鉄心2bの方向に吸引、駆動される。次に、電磁コイル1の電流を遮断すると前記軸方向吸引力は作用しなくなり、ばね6により可

動鉄心3は固定鉄心2bから離れる。電磁コイル1の電流をオンオフ制御することにより、可動鉄心3が軸方向に往復駆動制御されるものである。

【0004】 従来の固定鉄心2a、2b、2cは、強磁性部2a、2bと非磁性部2cとの三つの部材で構成され、それぞれの部分はリングシール、または溶接などにより金属シールされている。

【0005】 従来の電磁アクチュエータの固定鉄心2は三つの部材2a、2b、2cからなり、例えば同軸を確保するなど高い組立精度が必要であった。上記3部材2a、2b、2cを精度よく組み立てるためにはめ合い構造などが必要となり、複雑な部品形状や高い部品加工精度が要求されるため、部品コストが高いという問題点があった。また、三つの部材2a、2b、2cで構成されてシール部が2箇所あるので、例えば溶接は2箇所必要であるなど、これらの組立工程の工数が多く、組立コストが高いという問題点があった。

【0006】 また、三つの複雑な形状の部材2a、2b、2cを組み合わせるために小型化に限界があり、小型化するほど相対的にコストアップするという問題点があった。

【0007】 上記の問題点を解決する方法として、電磁アクチュエータの固定鉄心2の非磁性部2cをレーザ合金化を応用した局部改質により形成する方法が発案されている。

【0008】 図18は同一出願人による特願平3-333435号により提案されている溶融合金化を応用した燃料噴射装置用電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。鉄-クロム系合金、またはフェライト系ステンレス鋼、またはマルテンサイト系ステンレス鋼などの強磁性部材7に、ニッケルなどのオーステナイト生成元素またはそれを主成分とする合金元素8を添加しつつ、局部的に溶融合金化し、かつ合金組成を制御することにより、非磁性のオーステナイト相の溶融改質部9を得るものである。

【0009】 すなわち、強磁性部材7にCO<sub>2</sub>レーザ10を照射しながら、強磁性部材7を一定速度で回転させる。これと同時にNiワイヤ8を所定の速度でレーザ照射部に供給して、強磁性部材7とNiワイヤ8とを溶融、希釈させて合金化することにより、固定鉄心2の強磁性部2a、2bの中間部に非磁性部2cの溶融改質部9を形成するというものである。

【0010】 また、前記のように特公昭58-54263号公報に示されている電磁アクチュエータの問題点を解決する別の方法として、電磁アクチュエータの固定鉄心2の溶接金属部を非磁性化する方法が発案されている。

【0011】 図19は同一出願人による特願平3-333436号により提案されている燃料噴射装置用電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。鉄-クロ

ム系合金、またはフェライト系ステンレス鋼、またはマルテンサイト系ステンレス鋼よりなる強磁性部材7aと、鉄-ニッケル系合金よりなる強磁性部材7bとを両者の希釈率を調整しながら突き合わせ溶接し、非磁性のオーステナイト相となる組成の溶接金属部11を得るものである。すなわち、二つの強磁性部材7a、7bを突き合わせ部の近傍にCO<sub>2</sub>レーザ10を照射することにより突き合わせ溶接する。所望の組成の溶接金属部を得るために、CO<sub>2</sub>レーザ10を照射する位置を突き合わせ面に対して直角方向に対して制御することによって、両者の希釈率を調整しながら突き合わせ溶接するというものである。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】図18に示すように強磁性材料のレーザ合金化を応用した局部改質により、固定鉄心2の非磁性部2cを形成する場合、強磁性部材7へのレーザやプラズマなど熱源の照射位置がずれて、非磁性部2cの形成位置がずれる場合があった。その結果、可動鉄心3の駆動力としてまったく作用しない可動鉄心3の外周面から固定鉄心2の内周面への漏れ磁束が生じてエネルギーのロスが大きくなり、電磁アクチュエータの作動特性が悪くなるという問題点があった。

【0013】また、固定鉄心2の非磁性改質部9に盛り上がりが生じることから、可動鉄心3の移動方向に対して平行な面が出ている固定鉄心2の強磁性部2a、2bを可動鉄心3との摺動面にするので、可動鉄心3と固定鉄心2との間の磁力によって摺動面の摩擦が大きくなるという問題点があった。その結果、繰り返し使用中に摩擦によってばりが発生し、そのばりが可動部に詰まって電磁アクチュエータが作動しないことがあり、信頼性に欠けるという問題点があった。

【0014】また、固定鉄心2の非磁性部2cの形成において、溶融をとまなうことから、溶融改質部9に収縮が生じる。特に、溶融熱源が移動熱源であるので、強磁性部材7の溶融改質部9付近に不均一な温度分布が生じ、冷却後に変形が生じるという問題点があった。その結果、その後のモールド工程において固定鉄心2が型に収まらず、時には型が損傷するという問題点があった。

【0015】さらに、熱源の変動や溶融改質の始点と終点との重なり部分での入熱過多により、改質幅が狙いの値からばらつく。その結果、組成ずれが生じて狙いの透磁率よりも大きくなった結果、固定鉄心2を流れる磁束の増加により可動鉄心3を流れる磁束が減少するので、可動鉄心3の作動応答性がきわめて悪いものがあることがあった。

【0016】一方、添加元素をワイヤで送給しながら溶融改質するので、非磁性部2cの周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分(始末端)でのワイヤの送給制御が難しく、添加元素量に過不足が生じるという問題点があった。その結果、始末端部が所望の組成にな

らず透磁率が高くなってしまい、その部分は磁束が通りやすくなり、可動鉄心3を通る磁束が減少し、径方向の吸引力のバランスがくずれて、始末端と反対の方向に引きつけられるので、電磁アクチュエータとしての作動特性への影響がきわめて大きいものがあった。

【0017】また、固定鉄心素材の形状加工には製造コストを低く抑えるために冷間鍛造と切削加工を組み合わせる使用するのが一般的である。このため、その素材として切削性を向上させるためにアルミニウムを含んだ冷間鍛造性の良い12%前後のクロムを含んだ強磁性フェライト系ステンレス鋼が用いられる。しかし、この材料を使用すると、溶融凝固組織の粒界に低熔点のA1が偏析して引張り強度が低下する現象が生じる。通常の溶接の場合には、この強度低下は問題にはならないが、オーステナイト相に改質した場合は、線膨張係数が母材が約 $10 \times 10^{-6}/K$  (0~500℃平均)に対して約1.5倍になり、溶融改質部9にかかる引張り応力が過大となって割れが発生するという問題点があった。割れが生じると、気密性低下や強度低下など信頼性保証が困難となることから、A1を含まない切削性の悪い強磁性鋼を使わなければならなかった。

【0018】また、図19に示すように鉄-クロム系合金、またはフェライト系ステンレス鋼、またはマルテンサイト系ステンレス鋼よりなる強磁性部材7aと、鉄-ニッケル系合金よりなる強磁性部材7bとを両者の希釈率を調整しながら突き合わせ溶接し、非磁性のオーステナイト相となる組成の溶接金属部11を得る製造方法において、製造装置の機械精度や被加工物の形状精度により溶接熱源に狙いずれが生じた場合に、希釈率が所望の値からずれて狙いの透磁率にならないという問題点があった。その結果、電磁アクチュエータとしての作動特性が極めて悪いものがあった。

【0019】この発明は上記のような問題点を解決し、電磁アクチュエータの製造コストの低減と小型化を実現するためになされたものである。

【0020】第1の発明は、固定鉄心の非磁性部の位置がずれても、可動鉄心の駆動特性すなわち電磁アクチュエータの作動特性への影響がなく、安定した特性が得られる電磁アクチュエータを得ることを目的とする。

【0021】第2の発明は、摺動面の摩擦が小さい電磁アクチュエータを得ることを目的とする。

【0022】第3の発明は、固定鉄心の非磁性部を溶融改質することにより形成する時に生じる変形量を低減できる電磁アクチュエータの固定鉄心の製造方法を得ることを目的とする。

【0023】第4の発明は、固定鉄心の非磁性部を溶融改質することにより形成する時に前記非磁性部の透磁率のばらつきが小さい電磁アクチュエータの固定鉄心の製造方法を得ることを目的とする。

【0024】第5の発明は、固定鉄心に形成された非磁

性部の円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始末端）で、添加元素量に過不足が発生しない添加元素の供給方法を提供し、非磁性部の周方向全周にわたって均一な透磁率が得られる電磁アクチュエータの固定鉄心の製造方法を得ることを目的とする。

【0025】第6の発明は、熔融改質部の組織を完全オーステナイト相ではなく、例えば数%程度のフェライトを含むように組成制御することにより、改質部の熔融凝固組織の線膨張係数を母材なみに抑制しようとするもので、その結果として熔融改質部にかかる引張り応力を低減し、割れの発生を抑制、防止して、切削性が優れたA1を含む磁性鋼を固定鉄心素材として使用できる電磁アクチュエータの固定鉄心の製造方法を得ることを目的とする。

【0026】第7の発明は、溶接熱源の狙いずれに影響されずに所望の希釈率が得られ、非磁性の溶接金属部の透磁率のばらつきが小さい突き合わせ溶接法による電磁アクチュエータの固定鉄心の製造方法を得ることを目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係る電磁アクチュエータは、固定鉄心および可動鉄心が対向する円周部分の一部をエアギャップもしくは非磁性部材で構成するものである。

【0028】また、第1の発明の電磁アクチュエータは、可動鉄心と対向する部分に局部的なエアギャップを設けた固定鉄心でも構成できる。

【0029】第2の発明に係る電磁アクチュエータは、可動鉄心を有する電磁アクチュエータにおいて、可動鉄心のエアギャップ部に位置しかつ前記エアギャップ部と同等またはそれよりも小さい固定鉄心に固定した非磁性部材を有し、前記非磁性部材を可動鉄心の摺動面とするものである。

【0030】第3の発明に係る電磁アクチュエータの固定鉄心の製造方法は、対向する2箇所を熔融加熱し、かつ一つの加熱箇所のみにオーステナイト生成元素を供給することにより製造される。

【0031】第4の発明に係る電磁アクチュエータの製造方法は、固定鉄心の非磁性形成部の相当幅の板厚を強磁性部の板厚の10~70%に加工して強磁性部材を熔融改質したものである。

【0032】第5の発明に係る電磁アクチュエータの製造方法は、固定鉄心に形成された非磁性部の周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始末端）で、過不足が発生しない添加元素を供給するものである。

【0033】その一つの方法は、所定の断面積を有するワイヤ状またはリボン状の添加元素を固定鉄心の表面に巻き付けてスポット溶接などにより固定し、かつ巻き付けの始端および終端の処理をしたあとと熔融合金化するこ

とにより、始末端での添加元素量の過不足の発生を抑制するものである。

【0034】また、両端をテーパ状にしたりリボン状のオーステナイト生成元素またはその合金を、たとえリボンの始末端でのギャップやラップに起因する添加元素量の過不足が生じて、それを周方向に分散させることにより、組成変化を抑制する方法である。

【0035】また、オーステナイト生成元素またはそれを含む合金の細径のワイヤを強磁性部材にスポット溶接などにより複数回巻き付け、熔融合金化することにより、非磁性部の周方向全周にわたって均一な透磁率を得る方法である。

【0036】また、強磁性部材の中間部に前記強磁性部材とは部材を挟み、前記中間部の部材の全てまたは一部分および中間部材を挟む両側の強磁性部材の一部分を同時に熔融することにより、製造する方法である。

【0037】第6の発明に係る電磁アクチュエータの製造方法は、熔融改質部の組織を線膨張係数が高い完全オーステナイト相ではなく、例えば数%程度のフェライトを含むように組成制御することにより、改質部の熔融凝固組織の線膨張係数を母材なみに抑制しようとするものである。

【0038】また、第6の発明の電磁アクチュエータの固定鉄心は、Crまたはそれを含む合金の膜を形成した強磁性部材に局部的にオーステナイト生成元素を熔融添加し、非磁性部を体積率で10%以下のフェライト相を含むオーステナイト相にすることによっても製造できる。

【0039】さらに、第6の発明の電磁アクチュエータの固定鉄心は、強磁性材料の中間部に非磁性材料を挟み、この非磁性材料の全てまたは一部分及び非磁性材料を挟む両側の強磁性材料の一部分を同時に熔融することによっても製造できる。

【0040】第7の発明に係る電磁アクチュエータの製造方法は、突き合わせ部をはめ合い構造にした強磁性部材を用いるものである。

【0041】

【作用】第1の発明においては、固定鉄心および可動鉄心が対向する円周部分の一部をエアギャップもしくは非磁性部材で構成したので、固定鉄心の非磁性部の位置がずれても、可動鉄心の円周面からの漏れ磁束の発生が抑制される。したがって、固定鉄心の非磁性部の形成位置にずれが生じて可動鉄心の作動応答性に影響しない電磁アクチュエータが得られる。

【0042】第2の発明においては、非磁性部材を可動鉄心の摺動面にしたので、非磁性部材と可動鉄心との間に働く摩擦力に大きく影響する電磁力は発生せず、摺動面の摩擦が小さい電磁アクチュエータが得られる。

【0043】第3の発明においては、対向する2箇所を熔融加熱し、かつ一つの加熱箇所のみにオーステナイト

10

20

30

40

50

生成元素を供給するので、元素が安定かつ均一に添加されつつ、固定鉄心の非磁性部を熔融改質することにより生じる変形を低減できる。

【0044】第4の発明においては、非磁性形成部の相当幅の板厚を強磁性部の板厚の10～70%に加工して強磁性部材を熔融改質した固定鉄心が得られるので、非磁性改質部の幅が安定するために狙いの透磁率を得ることができる。

【0045】第5の発明においては、両端をテーパ状にした帯状またはワイヤ状のオーステナイト生成元素またはその合金を強磁性部材にスポット溶接などにより巻き付けるか、リング状の添加元素を挟み込んで溶融合金化するようにしたので、周方向の透磁率分布を均一にできる。

【0046】第6の発明においては、非磁性の熔融改質部を体積率で10%以下のフェライト相を含むオーステナイト相にするので、熔融改質部に生じる割れを防止することができる。

【0047】第7の発明においては、鉄-クロム系合金、またはフェライト系ステンレス鋼、またはマルテンサイト系ステンレス鋼よりなる強磁性部材と、鉄-ニッケル系合金よりなる強磁性部材とを突き合わせ溶接し、この突き合わせ部をはめ合い構造とするので、溶接熱源の狙い位置に影響されずに所望の希釈率を得ることができる。

【0048】

【実施例】

実施例1. 図1は第1の発明の一実施例を示す電磁アクチュエータを搭載した燃料噴射装置の断面図、図2は図1の要部拡大図である。この電磁アクチュエータは、磁気ヨークを兼ねたケーシング12の内側に配置された定置の電磁コイル1と、固定鉄心2と、この固定鉄心2に対して同軸的にギャップを開けて配置された可動鉄心3とで構成されている。固定鉄心2は、強磁性部2a、2bが二つに分割され、その中間部に非磁性部2cを有している。なお、非磁性部2cは内径8mm、幅2mmである。一方、可動鉄心3は、直径7.95mmの円筒状で、固定鉄心2との当たり面部分から約4mmの部分が直径6.4mmと細くなっており、固定鉄心2と0.8mmのエアギャップ13を持つ構造になっている。

【0049】この構造の電磁アクチュエータにおいて、電磁コイル1に電流を流すことにより、ケーシング12→固定鉄心2の強磁性部2a→エアギャップ4→可動鉄心3→エアギャップ5→固定鉄心2の強磁性部2bと磁束が流れる磁気回路が形成されている。非磁性部2cの位置が固定鉄心2の強磁性部2aの方へずれても、エアギャップ13の働きによって半径方向への磁束の漏れが防止される。したがって、非磁性部2cの位置が0.5mmずれた場合、従来のエアギャップ13が無い場合には作動特性が劣化するのに対して、この発明の構造では

作動特性の劣化は認められなかった。

【0050】また、非磁性部2cの形成により、内面が凸状になっても、切削加工などにより平坦化することも不要である。

【0051】なお、上記実施例における可動鉄心3のエアギャップの代わりに、オーステナイトステンレス鋼やアルミニウム合金等の非磁性金属材料、アルミナやジルコニア等のサラミックスを使用しても同様の効果を奏する。

【0052】実施例2. 図3は第1の発明の他の実施例を示す電磁アクチュエータの断面拡大図である。電磁アクチュエータの基本構造は、上記実施例1に示すものと同様である。固定鉄心2は、強磁性部2a、2bが二つに分割され、その中間部に外径10mm、内径8mm、幅2mmのリング形状の非磁性部2cを有している。また、可動鉄心3は直径6.35mmのシリンダ形状をしており、固定鉄心2の強磁性部2aと摺動部を形成している。固定鉄心2には、可動鉄心3との当たり面側から3.5mmの幅で深さ0.8mmのリング形状のエアギャップ13を有している。

【0053】この構造の電磁アクチュエータは、上記実施例1に示す電磁アクチュエータと同様の動作、機能、効果を奏する。すなわち、非磁性部2cの位置が固定鉄心2の強磁性部2aの方へずれても、エアギャップ13の働きによって半径方向への磁束の漏れが防止される。したがって、非磁性部2cの位置が0.5mmずれた場合、従来のエアギャップ13が無い場合には作動特性が劣化するのに対して、この発明の構造では作動特性の劣化は認められなかった。また、非磁性部2cの形成により、内面が凸状になっても、切削加工などにより平坦化することも不要である。

【0054】実施例3. 図4は第2の発明の一実施例を示す電磁アクチュエータの断面拡大図である。この電磁アクチュエータの基本構造は、上記実施例1の図1に示すものと同様である。固定鉄心2は、強磁性部2a、2bが二つに分割され、その中間部に外径10mm、幅2mmの非磁性部2cを有している。また、直径7.95mmのシリンダ形状をした可動鉄心3には、固定鉄心2の強磁性部2bとの当たり面側に3.5mmの幅で深さ0.8mmの機械加工により除去したエアギャップ13を有している。また、固定鉄心2には可動鉄心3との当たり面に端面が接している外径8mm、内径6.3mm、幅3.45mmのSUS304N2製非磁性部材14を有している。この非磁性部材14の固定鉄心2への固定方法には、熔融改質前に圧入する方法、熔融改質と同時に熔融改質部に溶接する方法、熔融改質後に圧入する方法がある。

【0055】この実施例の燃料噴射装置は、非磁性部材14を可動鉄心3との摺動面としている。この燃料噴射装置の摩耗特性を評価したところ、作動回数 $2 \times 10^4$

回で、0.003mmの摩耗が生じていた。一方、固定鉄心2の強磁性部2a、2bを可動鉄心3の摺動面とした燃料噴射装置は、作動回数 $2 \times 10^4$ 回で、0.016mmの摩耗が生じていた。以上の結果から、この発明の電磁アクチュエータは可動鉄心3の摺動面の摩耗特性に優れていることがわかる。

【0056】また、この実施例の燃料噴射装置において、固定鉄心2への非磁性部2cの形成のための熔融改質時に発生するスパッタは、非磁性部材14によりその発生が抑えられるという特徴もある。また、可動鉄心3の作動応答性を向上させるため、可動鉄心3と固定鉄心2の強磁性部2bとの当たり面に形成する非磁性ギャップ5を、可動鉄心3に形成したエアギャップ13の幅よりも非磁性部材14の幅を大きくして、可動鉄心3と非磁性部材14の端面とを当てることにより形成可能である。

【0057】なお、上記実施例において非磁性部材14の材料にSUS304N2を用いているが、他のオーステナイト系ステンレス鋼やアルミニウム合金、銅合金を用いることも可能である。また、非磁性部材14には圧縮力が働くので、圧縮強度が高いアルミナやジルコニアなどのアラミックスも使用できる。

【0058】実施例4。図5は第3の発明の一実施例を示しかつ固定鉄心への非磁性部形成のための熱エネルギー投与方法及びオーステナイト生成元素を含むワイヤ供給方法を示す図である。熱源には、CO<sub>2</sub>レーザー10a、10bを用い、フェライト系ステンレス鋼(SUS410L)製強磁性部材7を水平軸を中心に回転させながら照射する。CO<sub>2</sub>レーザー10a、10bは、下方に進む向きにおいては、強磁性部材7の回転軸に対しては垂直に、かつ水平面に対して上方に30度傾けた方向10aから照射し、またそれと対向する方向(上方に進む向きで、水平面に対して下方に30度傾けた方向)10bの2箇所から照射する。また、水平面に対して上方に30度傾けた方向からのCO<sub>2</sub>レーザー10aの照射部には前方からNiワイヤ8を供給する。

【0059】改質した強磁性部材7の回転軸に対する左右の曲がりを抑制するためには、熔融改質時の部材の温度分布を回転軸に対して対称にすることが必要である。このような温度分布を実現するためには、対向する2方向から熱エネルギーを投与してバランスを取る方法が考えられる。強磁性部材7を鉛直軸に対して水平回転させる場合には、重力の影響により断面形状が非対称になり、断面方向の添加元素の分布にも不均一が生じる。一方、強磁性部材7を水平軸に対して回転させる場合、図5で縦軸の左側に熱源ある場合には重力の影響により添加元素は熔融池の下方まで急速に流れるため、断面方向には攪拌されずに添加元素の分布に不均一が生じる。また、図5で縦軸の右側に熱源がある場合には、元素添加部分に熔融池が形成されて攪拌されるため、断面方向の添加

元素の分布が均一になる。したがって、2方向照射で添加元素の均一分布を得るには、強磁性部材7の回転軸は水平軸とし、2箇所のCO<sub>2</sub>レーザー10a、10bの照射部にワイヤを半回転供給してレーザーを一回転照射するか、または図5で縦軸の右側に位置するCO<sub>2</sub>レーザー10aの照射部一箇所のみにワイヤを供給しながらレーザーを一回転照射すればよい。ここで、どちらの元素添加方法においても強磁性部材7を一回転させることから、制御性の良さやワイヤ供給安定性のよさから一箇所のみにワイヤを供給するほうが合理的である。また、図5で縦軸の左側に位置するCO<sub>2</sub>レーザー10bの照射部にワイヤを供給する場合にも、ワイヤを一回転供給してレーザーを一回転半照射すれば同様の効果を得ることができる。

【0060】この製造方法において、外径10mm、内径8mm、長さ50mmのSUS405を回転数30rpmで回転させ、出力1.5kW、ab値1でCO<sub>2</sub>レーザー10a、10bを一回照射し、その照射部に1m/minの速度で0.7mm径のNiワイヤを供給した場合、回転軸が平均で0.07度曲がる。一方、同条件下方だけから強磁性部材7が一回転するあいだ照射した場合には、回転軸が平均で0.69度曲がることから、この発明の変形抑制効果は明らかである。

【0061】実施例5。図6は第4の発明の一実施例を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。まず、非磁性形成部が外径11mm、内径8mmのパイプ形状の固定鉄心2の形状に加工したフェライト系ステンレス鋼(SUS410L)製強磁性部材7と直径0.7mmのNiワイヤ(純度99.9%以上)8とを用意する。次に、切削加工により非磁性形成部に内径側に深さ0.3mm、外径側に深さ0.2mmの幅2mmの矩形の溝を形成する。この溝を形成することにより、非磁性形成部の板厚は1mm、その周辺の板厚は1.5mmのままである。そして、強磁性部材7を回転数30rpmで回転させながら、CO<sub>2</sub>レーザー10を出力1kW、ab値1で非磁性形成部中央の外面に振幅1mm、周波数100Hzでオシレートしながら一回照射し、その照射部にNiワイヤ8を0.9m/minで供給する。レーザー照射部は、レーザー移動方向に対して幅2mmの完全溶込み型の熔融改質部9を生じ、熔融改質部内にNiが均一に分散する。レーザー照射後に熔融改質部9が凝固し、その熔融部のみが非磁性となる。以上の処理により、固定鉄心2は強磁性部2a、2bの中間部に非磁性部2cを有する構造となる。

【0062】この方法において、熔融改質部9の幅のばらつきは、2mmに対して±3%であった。その熔融改質部9の組成をEPMAにより測定した結果、Ni15.3~15.8%、Cr10.0~10.1%である、磁気天秤法で透磁率を測定したところ1.01以下であった。一方、溝が形成せずに非磁性形成部が同一寸法(外径10.6mm、内径8.6mmのパイプ形状)

のSUS410L製強磁性部材7を熔融改質した場合の熔融改質部9の幅のばらつきが2mmに対して±12%であった。特に、改質の始端と終端の重なり部分において、幅の差が大きくなっている。また、その他の部分でも幅が±7%ばらついている。その熔融改質部9の組成をEPMAにより測定した結果、Ni14.2~16.9%, Cr9.9~10.3%であり、磁気天秤法で透磁率を測定したところ1.0~1.5でばらついていた。以上の結果から、この発明では、改質の始端と終端の重なり部分での熱の蓄積や熱源の変動による入熱量の変化を板厚差で設けた熱容量差で吸収するために、熔融改質部9の幅が安定し、透磁率のばらつきを小さくする効果があることがわかる。したがって、熔融改質部9の幅のばらつきを抑制するためには非磁性形成部とその周辺に熱容量差を設ければよいことから、溝の形成は両側に限らず、外径側または内径側の片側だけでもよい。また、段加工によっても非磁性形成部とその周辺に熱容量差を設けることが可能である。

【0063】また、この実施例においては、外径側に形成した溝がガイドの役割となり、供給するNiワイヤ8が安定に熔融添加されるという特徴もある。さらに、熔融金属の表面張力のバランスにより、裏波が凹になるという特徴もある。

【0064】なお、熔融改質時に強磁性部材7に不均一な温度分布が生じて、冷却後に熱変形が生じるので、同軸度が大きくなる場合がある。所望の同軸度を満足していないものには、局所加熱により同軸度を修正することを行う。すなわち、局所加熱後に同軸度を測定し、所望の値に達していなければもう一度局所加熱を行い同軸度を測定する。これを同軸度が所望の値以下になるまで繰り返す。同軸度の測定については、局所加熱装置上で行うこともあり、その測定結果をもとに加熱条件を演算して同軸度修正のための局所加熱を行うこともある。

【0065】実施例6。図7および図8は第5の発明の一実施例を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図および製造途中の強磁性部材の模式図である。強磁性部材7として非磁性形成部分が外径10mm、内径8mmに加工されたフェライト系の強磁性ステンレス鋼SUS410L、添加元素8として厚さ0.3mm、幅1.3mmのリボン状、または直径0.7mmのワイヤ状のNi線材（いずれも純度99.9%以上）を用いる。なお、発明の効果とは直接関係ないが、リボンの方が必要添加量に応じてリボン幅をスリッタなどで切断するときに自由に選択できるので、使いやすというメリットがある。

【0066】図8に示すように強磁性部材7の熔融改質部形成部分の表面に前記線材8を巻き付け、始端と終端が密着するように切断し、スポット溶接などで強磁性部材7を固定する。ここでは、線材8の先端から約2mmのところを強磁性部材7にCO<sub>2</sub>レーザ10aでスポッ

ト溶接（ピーク出力0.7kW、パルス幅1ms、パルスエネルギー0.6J）15し、強磁性部材7に巻き付けながら約4mmピッチで順次スポット溶接15により固定するようにした。さらに、始末端部の線材を重ねた状態にしたあと、カッタで切断16し始端と終端を密着させた状態でスポット溶接15により固定した。つぎに、上記のように固定鉄心素材を回転させつつ、CO<sub>2</sub>レーザ10bを照射し、素材と線材とを熔融合金化することにより、全周にわたり均一な所望の組成および組織が得られるようになった。ちなみに、CO<sub>2</sub>レーザ10a、10bは連続出力1.5kW、強磁性部材7の回転速度30rpm（周速0.9m/min）で、熔融改質幅2mmを安定に確保するため、集光したビーム（ab値1.0）を移動方向と直交方向に振幅1mm、周波数100Hzでオシレートしながら照射した。なお、スポット溶接15には、CO<sub>2</sub>レーザ10a、10bを用いたが、YAGレーザや抵抗スポット溶接や抵抗シーム溶接などが適用可能である。

【0067】固定鉄心2に形成された非磁性部2cの円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始末端）で、添加元素量に過不足が発生しないので、周方向全周にわたって均一な透磁率の非磁性部2cが得られるようになった。その結果、径方向の吸引力がバランスして互いにキャンセルして、不要な力が作用しないので、良好な作動特性を安定に得られるという効果がある。

【0068】実施例7。前記実施例6では、固定鉄心素材の熔融改質部形成部分の表面に前記線材8を巻き付けたあと、始端と終端が密着するように切断するので、線材8に無駄が生じるとともに工程が煩雑になり、かつ切断方法があまり自動化に適さないなどの問題点が残っている。

【0069】図9は線材8に無駄が生じず自動化に適する第5の発明の他の実施例を示す固定鉄心の模式図である。強磁性部材7および添加元素としては、実施例6と同じであり、この実施例ではリボンを使用する。強磁性部材7の熔融改質部形成部分の表面に、例えば先端が45度で切断されたリボンを巻き付けてゆき、固定鉄心素材の熔融改質部の外周の長さで終端を45度で切断（反対側が次に巻き付けるリボンの先端になる）し、終端と始端を合わせて固定鉄心2に固定する。リボンの固定は、実施例6とほぼ同様な方法でできる。すなわち、線材8の先端から約3mmのところを強磁性部材7にCO<sub>2</sub>レーザでスポット溶接（ピーク出力0.7kW、パルス幅1ms、パルスエネルギー0.6J）15し、強磁性部材7に巻き付けながら約4mmピッチで順次スポット溶接15により固定するようにした。さらに、始末端部の線材8を合わせたあとスポット溶接15により固定した。つぎに、上記強磁性部材7を回転させつつ、CO<sub>2</sub>レーザを照射し、素材と線材とを熔融合金化することに



より、全周にわたり均一な所望の組成および組織が得られるようになった。この方法および加工条件は、実施例6とまったく同じである。なお、ワイヤ先端角度にはとくに規定はないが、実用的には30〜45度程度が一般的である。また、リボンとして予め所定の長さ、所定の角度に切断したものを使用してもよい。

【0070】このリボンを所定の長さに切断した場合、約30mmの長さに対して、±0.1mmのばらつきが見込まれる。すなわち、リボンを巻き付けた状態で0.1mmラップした状態からギャップが0.1mmあく状態までばらつくことになる。この始末端のばらつきに起因する添加元素量の周方向の過不足は、リボン幅が1.3mmで45度に切断してあるので、最大で±8%程度であり、磁気特性にはまったく影響しない範囲である。

【0071】前記実施例6の場合と同様に、固定鉄心2に形成された非磁性部2cの円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始末端）で、添加元素量に過不足が発生しないので、周方向全周にわたって均一な透磁率の非磁性部2cが得られるようになると共に、径方向の吸引力がバランスして互いにキャンセルして、不要な力が作用しないので、良好な作動特性を安定に得られるという効果がある。さらに、線材8の歩留りが向上（ほぼ100%）し、および量産安定性を確保できるという効果がある。

【0072】実施例8。前記実施例7と同様に前記実施例6の残りの課題を解決しようとするもので、図10はこの実施例8の強磁性部材の模式図である。固定鉄心素材および添加元素としては、実施例6と同じであり、この実施例ではワイヤを使用する。

【0073】まず、非磁性形成部が外径10mm、内径8mmのパイプ形状の固定鉄心2の形状に加工した強磁性ステンレス鋼（SUS410L）製強磁性部材7と直径0.3mmのNiワイヤ（純度99.9%以上）8とを用意する。次に、図10に示すように、強磁性部材7にNiワイヤ8を抵抗シーム溶接により固定しながら、0.15mmのオーバーラップが生じるように5重に巻く。抵抗シーム溶接装置の始端部及び終端部の位置決め精度はそれぞれ±0.05mmであり、0.05〜0.25mmのオーバーラップが生じる。そして、強磁性部材7を回転数30rpmで回転させながら、CO<sub>2</sub>レーザを非磁性形成部中央の外面に一回照射して、その照射部にレーザ移動方向に対して幅2mmの完全溶込み型の溶融改質部を形成した。その溶融改質部の組成は、オーバーラップ部以外ではNi14.6%、Cr10.2%、オーバーラップ部ではNi16.7%、Cr10.0%となった。そして、透磁率を磁気天秤法で測定した結果、オーバーラップ部以外では1.02〜1.05、オーバーラップ部では1.01以下であり、溶融改質部は全周にわたりほぼ均一な透磁率となっていることが明らかになった。ちなみに、強磁性部材7の回転速度は3

0rpm（周速0.9m/min）であり、CO<sub>2</sub>レーザは出力1.5kW、ab値1で非磁性形成部中央の外面に振幅1mm、周波数100Hzでオシレートしながら一周照射した。

【0074】この実施例は前記実施例7の場合と同様に、固定鉄心2に形成された非磁性部2cの円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始末端）で、添加元素量に過不足が発生しないので、周方向全周にわたって均一な透磁率の非磁性部2cが得られるようになると共に、径方向の吸引力がバランスして互いにキャンセルして、不要な力が作用しないので、良好な作動特性を安定に限られるという効果がある。また、線材の歩留りおよび量産安定性を確保できるという効果があることはいうまでもない。

【0075】実施例9。図11は第5の発明の他の実施例を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。まず、固定鉄心2の形状に加工したフェライト系ステンレス鋼（SUS410L）製強磁性部材7a、7bと外径10mm、内径8mmの厚さ0.4mmのNiリング（純度99.9%以上）8を用意する。次に、強磁性部材7a、7bの間にNiリング8を挟んで突き合わせ、それらを回転速度30rpm（周速0.9m/min）で回転させながら、CO<sub>2</sub>レーザ10を出力1.5kW、ab値1で非磁性形成部中央の外面に振幅1mm、周波数100Hzでオシレートしながら一回照射する。レーザ照射部は、レーザ移動方向に対して幅1mmの完全溶込み型の溶融改質部9を生じ、溶融部内にNiが均一に分散し、非磁性となる。以上の処理により、固定鉄心2は強磁性部2a、2bの中間部に非磁性部2cを有する構造となる。

【0076】上記実施例7の場合と同様に、固定鉄心2に形成された非磁性部2cの円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始末端）で、添加元素量に過不足が発生しないので、周方向全周にわたって均一な透磁率の非磁性部2cが得られるようになると共に、径方向の吸引力がバランスして互いにキャンセルして、不要な力が作用しないので、良好な作動特性を安定に得られるという効果がある。

【0077】なお、上記実施例においてはNiリング8を用いているが、Cu、Mn、Co、Fe-Co合金、Ni-Co合金等も利用可能であり、この実施例のものに限定されるものではない。

【0078】実施例10。図12は第5の発明の他の実施例を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。まず、固定鉄心2の形状に加工したフェライト系ステンレス鋼（SUS410L）製強磁性部材7a、7bとオーステナイト系ステンレス鋼（SUS304）製の外径10mm、内径8mmの厚さ2mmの非磁性部材17を用意する。次に、強磁性部材7a、7bの間に非磁性部材17を挟んで突き合わせ、これらを回転速度

30rpm (周速0.9m/min) で回転させながら、CO<sub>2</sub> レーザ10を出力1kW, ab値1.02で非磁性形成部中央の外面に振幅2mm, 周波数100Hzでオシレートしながら一回照射する。レーザ照射部は、レーザ移動方向に対して幅3mm, 最大深さ0.5mmの熔融部18を生じ、この熔融部18内にフェライト系ステンレス鋼とオーステナイト系ステンレス鋼が均一に希釈して、非磁性となる。以上の処理により、固定鉄心2は強磁性部2a, 2bの中間部に非磁性部2cを有する構造となる。

【0079】この実施例は実施例7の場合と同様に、固定鉄心2に形成された非磁性部2cの円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分(始末端)で、添加元素量に過不足が発生しないので、周方向全周にわたって均一な透磁率の非磁性部2cが得られるようになると共に、径方向の吸引力がバランスして互いにキャンセルして、不要な力が作用しないので、良好な作動特性を安定に得られるという効果がある。

【0080】なお、上記実施例において、非磁性部材17にSUS304を用いているが、これに限定されるものではない。

【0081】実施例11. 図13は第6の発明の一実施例に用いるNiワイヤを示す断面図である。このワイヤは、Niワイヤ19の表面にCrめっき20を形成したものである。以下に、今回行っためっき手法を示す。まず、表面洗浄を行った直径0.7mmのNiワイヤ19(純度99.9%以上)を陰極にして、陽極とともにめっき浴に浸した。めっき浴は、無水クロム酸(濃度250g/l)と硫酸(濃度2.5g/l)の組成のものを、浴の温度は45℃に保った。そして、電極間に電流密度65A/dm<sup>2</sup>で2時間通電した。以上の処理により、直径0.7mmのNiワイヤ19の表面に厚さ0.15mmのCr膜(純度99%以上)20が形成され、全体として直径1mmのワイヤとなった。

【0082】このワイヤを用いて、電磁アクチュエータの固定鉄心2を製造した。素材には、割れの原因となるAlを0.3%含んだ強磁性フェライト系ステンレス鋼を用いた。素材のステンレス鋼は、非磁性形成部が外径10mm, 内径8mmのパイプ形状の固定鉄心2の形状に加工し、回転させながらCO<sub>2</sub> レーザを外面に照射してワイヤを熔融添加し、中間部に幅2mmの完全溶込み型の熔融改質部を形成した。ここで、ワイヤの送り速度は0.6m/min, ステンレス鋼の回転速度は30rpm(周速0.9m/min)としたので、熔融改質部の組成はNi9.4%, Cr17.8%となった。この組成は、Ni当量11.8%, Cr当量19.3%となり、図14に示すシェフラーの状態図で、オーステナイト相とフェライト相とに位置する。この熔融改質部をフェライトインジケータで調べたところ、約5%のフェライト組織を有するオーステナイト組織であり、透磁率が

1.5で非磁性であることがわかった。また、以上の方法で製造した固定鉄心2は、その断面を切断して観察したが割れは認められず、また圧力5kg/cm<sup>2</sup>, 1分間のHeリークテストに合格した。ちなみに、CO<sub>2</sub> レーザは連続出力1.5kW, ab値1で、移動方向と直交方向に振幅1mm, 周波数100Hzでオシレートしながら照射した。

【0083】実施例12. 図15は第5の発明の他の実施例を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。強磁性部材7として、割れの原因となるAlを0.3%含んだフェライト系ステンレス鋼を用いた。強磁性部材7は、非磁性形成部が外径10mm, 内径8mmのパイプ形状の固定鉄心2の形状に加工し、全面に厚さ0.15mmのCrめっき20(純度99%以上)を施した。Crめっき20は、前記実施例11と同様の方法で行った。次に、ステンレス鋼を回転させながらCO<sub>2</sub> レーザ10を外面に照射して直径0.7mmのNiワイヤ(純度99.9%以上)8を熔融添加し、中間部に幅2mmの完全溶込み型の熔融改質部9を形成した。ここで、ワイヤの送り速度は0.6m/min, ステンレス鋼の回転速度は30rpm(周速0.9m/min)としたので、非磁性改質部の組成はNi9.1%, Cr18.2%となった。この組成は、Ni当量11.5%, Cr当量20.3%となり、図14に示すシェフラーの状態図でオーステナイト相とフェライト相とに位置する。この熔融改質部9を調べたところ、約10%のフェライト組織を有するオーステナイト組織であり、透磁率が2.5で非磁性であることがわかった。また、以上の方法で製造した固定鉄心2は、その断面を切断して観察したが割れは認められず、また圧力5kg/cm<sup>2</sup>, 1分間のHeリークテストに合格した。ちなみに、CO<sub>2</sub> レーザ10は連続出力1.5kW, ab値1で、移動方向と直交方向に振幅1mm, 周波数100Hzでオシレートしながら照射した。

【0084】実施例13. 図16は第7の発明の一実施例を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。一方強磁性部材7aには鉄-42%ニッケル合金を、また他方の強磁性部材7bにはフェライト系ステンレス鋼(SUS410L)をそれぞれ素材として用いる。強磁性部材7aには内径側に、強磁性部材7bには外径側にそれぞれに図16に示すようにはめ合い構造を形成する。はめ合い部の大きさは、所望の溶接金属部21の幅よりも0.5mm以上大きいことが望ましい。また、はめ合い部の肉厚は、各強磁性部材7a, 7bにおいて一様であり、溶接金属部21に要求される組成に応じて組み合わせを変える。そして、これらの強磁性部材7a, 7bを突き合わせて回転させながら外面にCO<sub>2</sub> レーザ10を照射することにより溶接する。溶接金属部21は、鉄-クロム-ニッケル合金となり、非磁性のオーステナイト相となる。

【0085】この実施例においては、強磁性部材7aは外径10mm、内径9mm、また強磁性部材7bは外径9mm、内径8mmで、大きさ2.5mmのはめ合い部を形成した。そして、これらの部材を突き合わせて回転させながらはめ合い部の外面中央にCO<sub>2</sub>レーザ10を照射して溶接した。溶接金属部21は、幅2mmの完全溶込み型となり、その組成はNi21%、Cr6.0%となった。この溶接金属部21のX線回折パターンを測定した結果、オーステナイト相からの回折ピークしか認められず、溶接金属部21は完全オーステナイト組織であることがわかった。また、磁気天秤法により透磁率を測定したところ、1.01以下の非磁性であった。さらに、CO<sub>2</sub>レーザ10の照射位置を強磁性部材7a、7bの回転軸方向に±0.2mm動かしても、溶接金属部21の組成は変化せず、透磁率が1.01以下であった。

【0086】以上の結果から、この発明が溶接熱源の狙い位置に影響されずに安定した透磁率が得られるという効果があることがわかる。

【0087】なお、上記実施例の全てにおいて、部材及び固定鉄心2の形状は適宜決定してよい。また、非磁性部2cの範囲も同様に適宜決定してもよい。

【0088】さらに、加熱熱源にCO<sub>2</sub>レーザ10を用いているが、YAGレーザや電子ビーム等の励起ビーム、アークやプラズマも利用可能であり、上記各実施例に限定されるものではない。また、励起ビームの照射条件及び被加工物の回転数は、要求される固定鉄心2の非磁性部2cの大きさで決まる溶融部の大きさ及び添加元素の量に応じて決定されるものであり、以上の実施例のものに限定されるものではない。

【0089】また、上記実施例において、Niの添加方法にワイヤ供給方法を用いているが、めっき法、粉末供給法も利用可能であり、以上の実施例のものに限定されるものではない。

【0090】上記実施例全てにおいて、強磁性部材7a、7bは改質部分で分割されたものを用いてもよく、前記固定鉄心2の形状が複雑な場合には分割した方が部品コストが安くなることもある。したがって、前記固定鉄心素材は、コストなどを考慮して一体化または2分割を自由に選択できる。

【0091】

【発明の効果】以上のように、第1の発明によれば、固定鉄心および可動鉄心が対向する円周部分の一部をエアギャップもしくは非磁性部材で構成したので、可動鉄心の円周面からの漏れ磁束の発生が抑制され、固定鉄心の非磁性部の形成位置にずれが生じても可動鉄心の作動応答性に影響しないという効果が得られる。

【0092】また、第2の発明によれば、非磁性部材を可動鉄心の摺動面とすることにより、摺動面に対して法線方向の磁力が生じないために摺動面での摩耗が小さいので、製品の信頼性が向上するという効果が得られる。

【0093】また、第3の発明によれば、対向する2箇所を溶融加熱し、かつ一つの加熱箇所のみにオーステナイト生成元素を供給するので、固定鉄心に非磁性の溶融改質部を形成する時に生じる変形を低減でき、その後のモールド工程において固定鉄心を支障なく型に収めることができるという効果が得られる。

【0094】また、第4の発明によれば、非磁性形成部の相当幅の板厚を強磁性部の板厚の10~70%に加工して強磁性部材を溶融改質した固定鉄心を有するので、非磁性改質部の幅が安定するために狙いの透磁率を安定に得ることができ、可動鉄心の作動応答性の製品間格差を小さくできるという効果が得られる。

【0095】また、第5の発明によれば、固定鉄心に形成された非磁性部の円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始端）で、添加元素量に過不足が発生せずに周方向の透磁率分布を均一にできるので、作動特性の製品間格差を小さくできるという効果が得られる。

【0096】また、第6の発明によれば、溶融改質部に生じる割れを防止することができるので、切削性のよい強磁性鋼を固定鉄心の素材として用いることができるという効果が得られる。

【0097】また、第7の発明によれば、両者の突き合わせ部にはめ合い構造を形成して、溶接熱源の狙い位置に影響されずに所望の希釈率を得ることにより、非磁性部の透磁率のばらつきが小さくなるので、可動鉄心の作動応答性の製品間格差を小さくできるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1を示す電磁アクチュエータを搭載した燃料噴射装置の断面図である。

【図2】図1の要部拡大図である。

【図3】この発明の実施例2を示す電磁アクチュエータの断面拡大図である。

【図4】この発明の実施例3を示す電磁アクチュエータの断面拡大図である。

【図5】この発明の実施例4を示しかつ固定鉄心への非磁性部形成のための熱源供給方向およびオーステナイト生成元素を含むワイヤ供給方向を示す図である。

【図6】この発明の実施例5を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

【図7】この発明の実施例6を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

【図8】図7における製造途中の強磁性部材の模式図である。

【図9】この発明の実施例7を示す製造途中の電磁アク

チュエータの固定鉄心の模式図である。

【図10】この発明の実施例8を示す強磁性部材の模式図である。

【図11】この発明の実施例9を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

【図12】この発明の実施例10を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

【図13】この発明の実施例11に用いるNiワイヤを示す断面図である。

【図14】ステンレス鋼の常温における組成と組織の関係を表したシェフラーの状態図である。

【図15】この発明の実施例12を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

【図16】この発明の実施例13を示す電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

【図17】従来の電磁アクチュエータを応用した電子制御式燃料噴射装置を示す断面図である。

【図18】従来の溶融合金化を応用した燃料噴射装置用電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

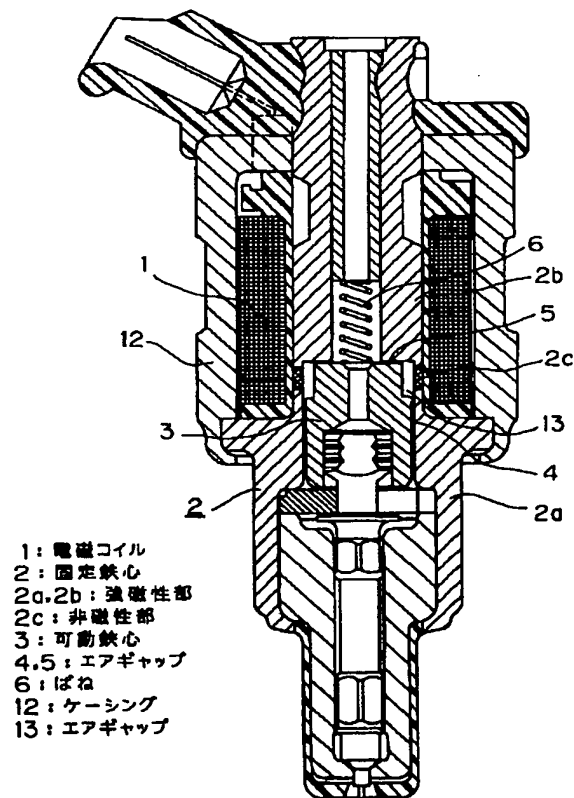
【図19】従来の突き合わせ溶接法を応用した燃料噴射

\* 装置用電磁アクチュエータの固定鉄心の製造工程図である。

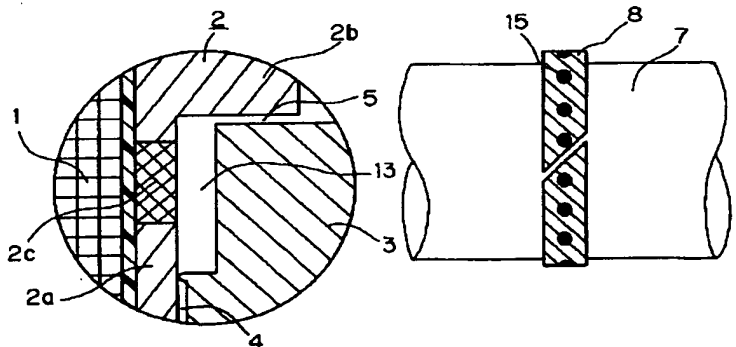
【符号の説明】

- 1 電磁コイル
- 2 固定鉄心
- 2a, 2b 強磁性部
- 2c 非磁性部
- 3 可動鉄心
- 4, 5 エアギャップ
- 6 ばね
- 7 強磁性部材
- 8 添加元素
- 9 溶融改質部
- 10 CO<sub>2</sub> レーザ
- 12 ケーシング
- 13 エアギャップ
- 14 非磁性部材
- 15 スポット溶接
- 19 Niワイヤ
- 20 Crめっき

【図1】

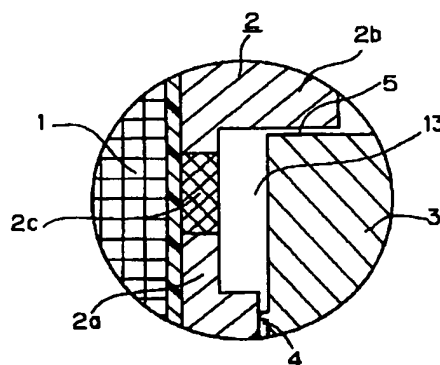


【図2】

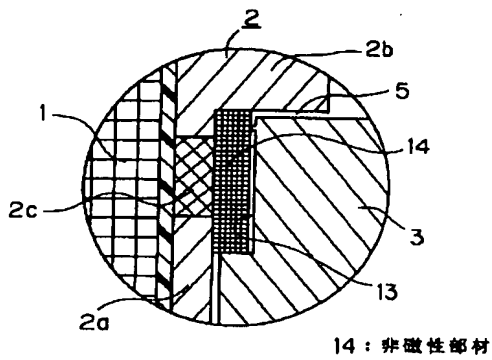


【図9】

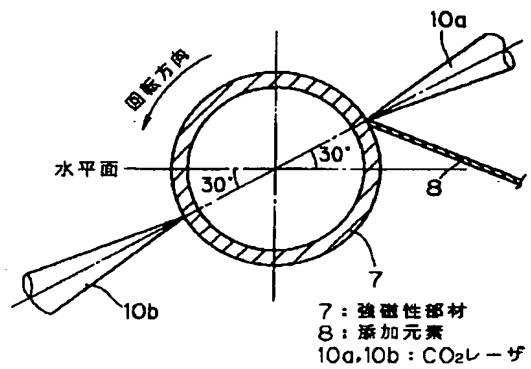
【図3】



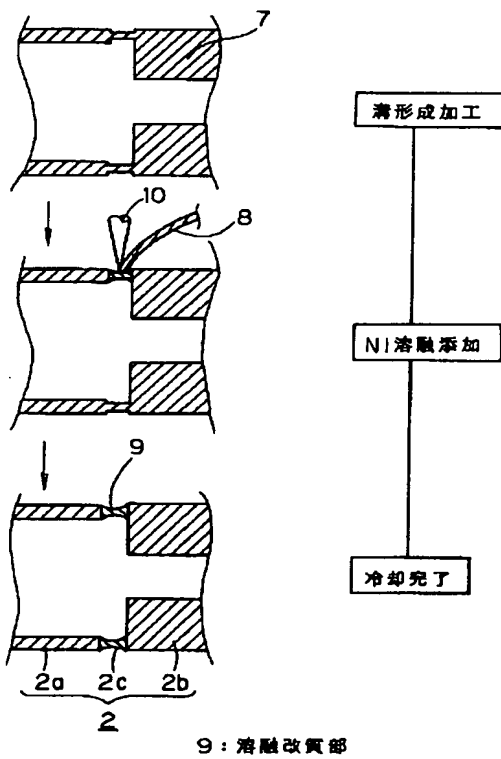
【図4】



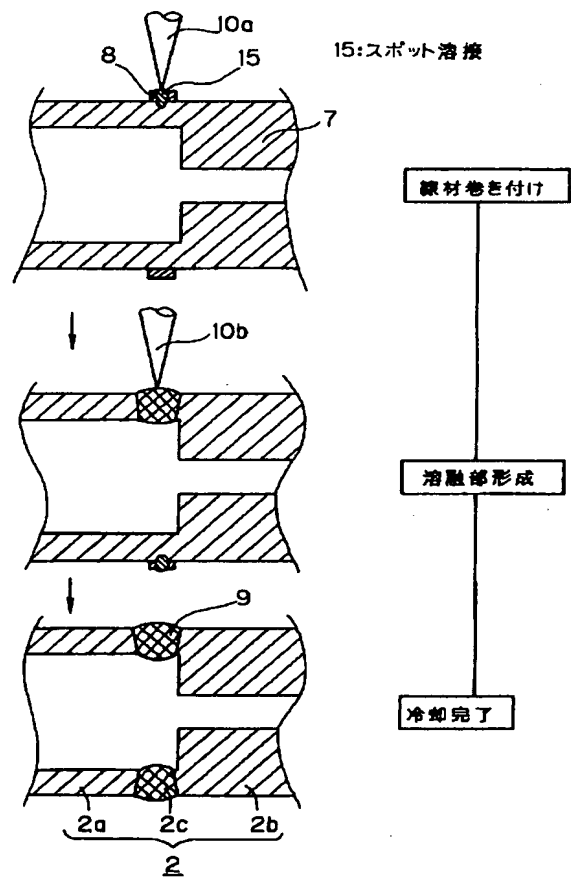
【図5】



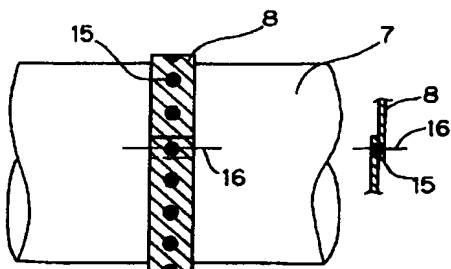
【図6】



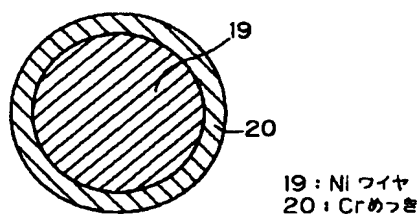
【図7】



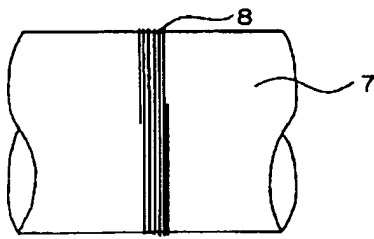
【図8】



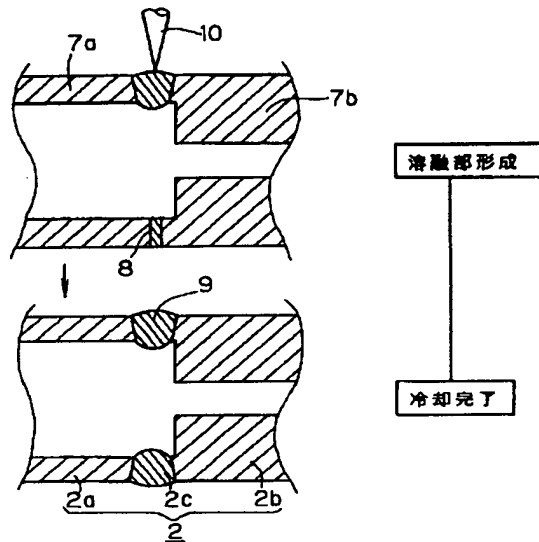
【図13】



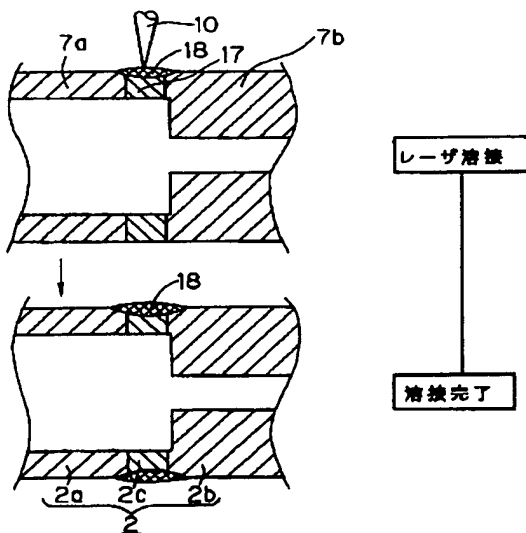
【図10】



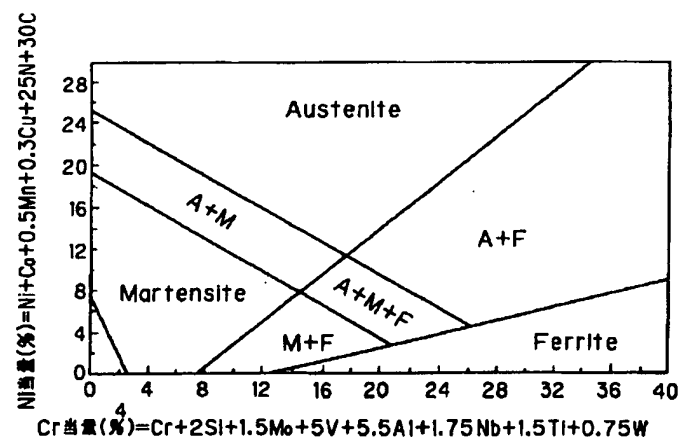
【図11】



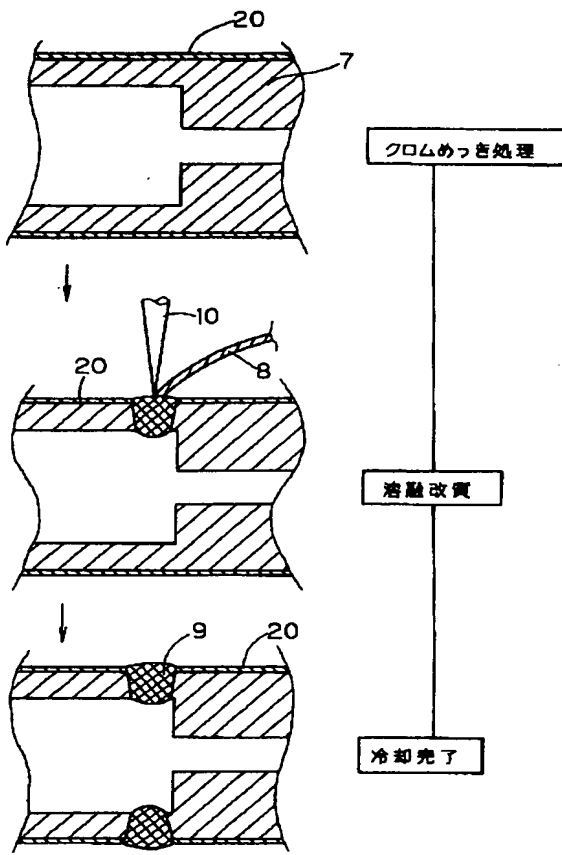
【図12】



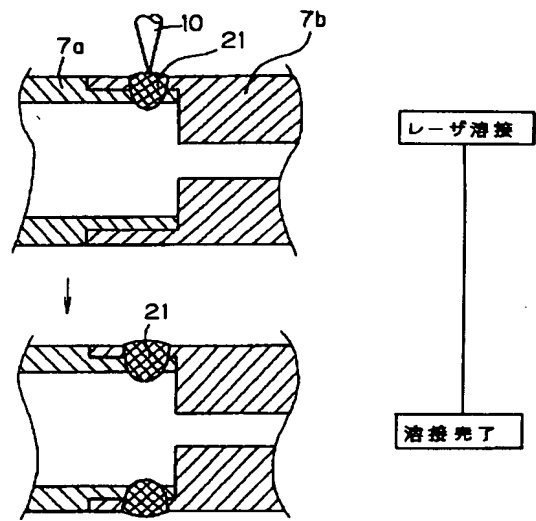
【図14】



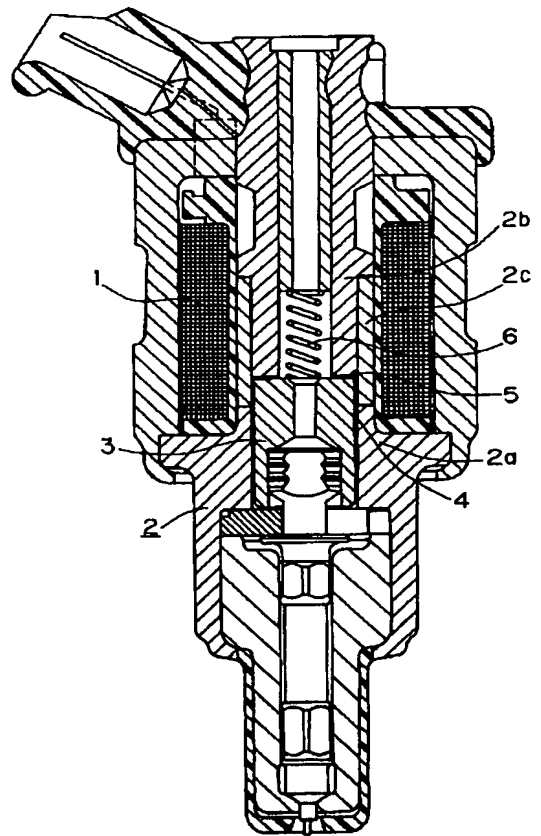
【図15】



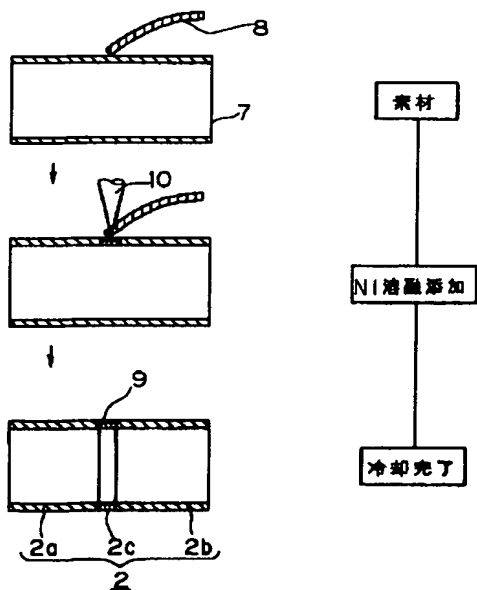
【図16】



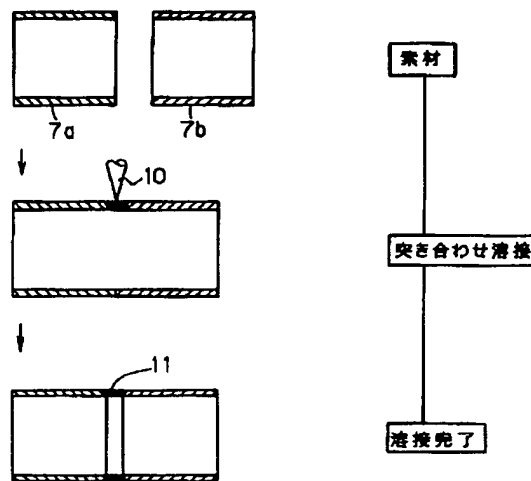
【図17】



【図18】



【図 19】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 6 年 4 月 4 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正内容】

【0036】また、強磁性部材の中間部に前記強磁性部材とは異なる部材を挟み、前記中間部の部材の全てまたは一部分および中間部材を挟む両側の強磁性部材の一部を同時に溶融することにより、製造する方法である。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】削除

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正内容】

【0057】なお、上記実施例において非磁性部材 14 の材料に SUS304N2 を用いているが、他のオーステナイト系ステンレス鋼やアルミニウム合金、銅合金を用いることも可能である。また、非磁性部材 14 には圧縮力が働くので、圧縮強度が高いアルミナやジルコニアなどのセラミックスも使用できる。

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

【補正内容】

【0062】この方法において、溶融改質部 9 の幅のばらつきは、2mm に対して  $\pm 3\%$  であった。その溶融改質部 9 の組成を EPMA により測定した結果、Ni 15.3~15.8%, Cr 10.0~10.1% であり、磁気天秤法で透磁率を測定したところ 1.01 以下であった。一方、溝が形成せずに非磁性形成部が同一寸法（外径 10.6mm、内径 8.6mm のパイプ形状）の SUS410L 製強磁性部材 7 を溶融改質した場合の溶融改質部 9 の幅のばらつきが 2mm に対して  $\pm 12\%$  であった。特に、改質の始端と終端の重なり部分において、幅の差が大きくなっている。また、その他の部分でも幅が  $\pm 7\%$  ばらついている。その溶融改質部 9 の組成を EPMA により測定した結果、Ni 14.2~16.9%, Cr 9.9~10.3% であり、磁気天秤法で透磁率を測定したところ 1.0~1.5 でばらついていた。以上の結果から、この発明では、改質の始端と終端の重なり部分での熱の蓄積や熱源の変動による入熱量の変化を板厚差で設けた熱容量差で吸収するために、溶融改質部 9 の幅が安定し、透磁率のばらつきを小さくする効果があることがわかる。したがって、溶融改質部 9 の幅のばらつきを抑制するためには非磁性形成部とその周辺に熱容量差を設ければよいことから、溝の形成は両側に限らず、外径側または内径側の片側だけでもよい。また、段加工によっても非磁性形成部とその周辺に熱容量差を設けることが可能である。

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正内容】



【0071】前記実施例6の場合と同様に、固定鉄心2に形成された非磁性部2cの円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始終端）で、添加元素量に過不足が発生しないので、周方向全周にわたって均一な透磁率の非磁性部2cが得られるようになると共に、径方向の吸引力がバランスして互いにキャンセルして、不要な力が作用しないので、良好な作動特性を安定に得られるという効果がある。さらに、線材8の歩留りの向上（ほぼ100%）および量産安定性を確保できるという効果がある。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】この実施例は前記実施例7の場合と同様に、固定鉄心2に形成された非磁性部2cの円周方向、とくに局部改質の始点と終点との重なり部分（始終端）

で、添加元素量に過不足が発生しないので、周方向全周にわたって均一な透磁率の非磁性部2cが得られるようになると共に、径方向の吸引力がバランスして互いにキャンセルして、不要な力が作用しないので、良好な作動特性を安定に得られるという効果がある。また、線材の歩留りおよび量産安定性を確保できるという効果があることはいうまでもない。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0090

【補正方法】変更

【補正内容】

【0090】上記実施例全てにおいて、強磁性部材7a、7bは改質部分で分割されたものを用いてもよく、前記固定鉄心2の形状が複雑な場合には分割した方が部品コストが安くなることもある。したがって、前記固定鉄心素材は、コストなどを考慮して一体ものまたは2分割ものを自由に選択できる。

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

B23K 26/00

F02M 61/16

識別記号

庁内整理番号

N

M

FI

技術表示箇所

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**